

APTIDÃO CLIMÁTICA DE CULTURAS AGRÍCOLAS IMPORTANTES PARA COMUNIDADES INDÍGENAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO¹

FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE²; ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA³; PABRÍCIO MARCOS OLIVEIRA LOPES⁴; GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA⁴; BERNARDO BARBOSA DA SILVA⁵ E ALEXANDRE HUGO CEZAR BARROS⁶

¹Artigo extraído da tese de doutorado do primeiro autor

²Coordenação Regional Baixo São Francisco, Fundação Nacional do Índio-Funai, Rua Marechal Floriano Peixoto, 855, Centro, 48.601-210, Paulo Afonso/BA, Brasil, e-mail: franciufprpe@gmail.com

³Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife/PE, Brasil, e-mail: enio.fsilva@ufrpe.br

⁴Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52.171-900, Recife/PE, Brasil, e-mails: pabriciope@gmail.com, gebermoura@uol.com.br

⁵Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas-UACA, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó, 58.429-900, Campina Grande/PB, Brasil, e-mail: bernardo.silva@ufcg.edu.br

⁶Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPq, Unidade de Execução e Pesquisa-UEP-Recife/PE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, Rua Jardim Botânico, 1.024, Jardim Botânico, 50.020-240, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, e-mail: alexandre.barros@embrapa.br

1 RESUMO

Devido ao avanço da tecnologia tornou-se possível fazer revisões antecipadas do regime pluviométrico de determinada região, e com o auxílio do zoneamento agroclimático conhecer se uma cultura terá ou não sua viabilidade no ano previsto. Objetivou-se realizar o zoneamento agroclimático de culturas de importância econômica e cultural para comunidades indígenas que estão localizadas no semiárido nordestino brasileiro. Neste trabalho foram considerados três cenários de precipitação, visando subsidiar a seleção de locais propícios para estes cultivos pelo uso da técnica dos *quantis*. Foram utilizados dados climáticos de 169 localidades, dos quais 52 com uma série acima de 30 anos de observações, e dados climáticos de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica conforme o cenário seco, normal ou chuvoso, calcularam-se os balanços hídricos climatológicos segundo a metodologia de Thornthwaite (1948). De posse das informações dos balanços hídricos, foram feitas extrapolações para toda a área considerada. Analisando cada cenário de precipitação, observou-se que, no cenário seco, todas as áreas das reservas indígenas apresentaram inaptidão climática por carência hídrica acentuada para a cultura do feijão; no cenário normal, todas as áreas também foram classificadas com aptidão moderada para a cultura da mandioca; e no cenário chuvoso, todas as áreas apresentaram um período chuvoso muito longo para a cultura do milho.

Palavras-chave: agricultura de sequeiro, *Manihot esculenta*, *Vigna unguiculata*, *Zea mays*, zoneamento agroclimático.

Recebido em 27/08/2015 e aprovado para publicação em 15/02/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p59-73>

ALBUQUERQUE, F da S.; SILVA, E. F. de F e; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. de A.; SILVA, B. B. da; BARROS, A. H. C.

**CLIMATIC SUITABILITY OF IMPORTANT AGRICULTURAL CROPS FOR
INDIGENOUS COMMUNITIES OF THE BRAZILIAN SEMIARID**

2 ABSTRACT

Due to the advance of technology, it has become possible to make early revisions of the rainfall regime of a certain region, and with the help of agroclimatic zoning, it is also possible to know if a crop will have its feasibility in the year predicted. The objective was to carry out the agroclimatic zoning of cultures of economic and cultural importance to indigenous communities that are located in the Brazilian northeastern semi-arid region. In this work, three rainfall scenarios were considered, aiming to subsidize the selection of sites favorable to these crops by the use of quantiles technique. Climate data from 169 sites were used, of which 52 with a series of over 30 years of observations, as well as climatic data of mean air temperature and rainfall according to the dry, normal or rainy scenario. The climatological water balance was calculated according to the methodology of Thornthwaite (1948). With the information of the water balance, extrapolations were made for the entire area under consideration. Analyzing each rainfall scenario, it was observed that, in the dry scenario, all the areas of the Indigenous reserves showed a climatic inaptitude due to a marked water deficit for the bean crop; in the normal scenario, all areas were also classified with moderate suitability for cassava crops; and in the rainy scenario, all areas presented a very long rainy period for maize cultivation.

Keywords: dry land agriculture, *manihot esculenta*, *vigna unguiculata*, *zea mays*, agroclimatic zoning.

3 INTRODUÇÃO

Na região Nordeste do Brasil, existe um grande número de etnias indígenas, das quais, algumas localizadas no semiárido nordestino, utilizando a agricultura de subsistência. Os principais cultivos agrícolas são o milho, o feijão-caupi e a mandioca, os quais representam importância econômica e cultural.

Diante do avanço tecnológico tornou-se possível fazer revisões antecipadas do regime pluviométrico de determinada região, e com o auxílio do zoneamento agroclimático saber se uma cultura terá ou não sua viabilidade no ano previsto, de modo que o produtor possa decidir ou não sua implementação (SILVA et al., 2011).

Silva et al. (2013) defendem que a elaboração, mais a disponibilização de mapas de aptidão climática para culturas, os denominados de zoneamentos climáticos fornecem importantes ferramentas para futuras recomendações práticas, coerentes de serem executadas para o estabelecimento dos cultivos, prevenção e controle das doenças, que servirão de base para a construção de políticas públicas destinadas ao setor agrícola.

Neste contexto, o conhecimento das condições climáticas específicas subsidia informações úteis na maximização da produção das culturas anuais importantes para as comunidades indígenas do semiárido; do mesmo modo, a construção do zoneamento agroclimático visa obter maiores informações sobre a adaptabilidade das culturas selecionadas

de modo a proporcionar um maior retorno dos investimentos a médio e longo prazos para os produtores, contribuindo para uma agricultura coerente e sustentável (NUNES et al., 2007).

Silva et al. (2010), estudaram os efeitos do aquecimento global na agricultura sobre o feijão-caupi de sequeiro no Nordeste do Brasil, em resposta às preocupações recentes sobre o aumento da temperatura do ar assumidas por força dos futuros cenários de mudança climática, e concluíram que comparando ao clima atual, possivelmente, no futuro, haverá níveis mais elevados de evapotranspiração, resultando na necessidade de plantio de cultivares mais adequadas a uma estação de crescimento mais curta e um clima mais quente.

Burney et al. (2014) caracterizam a vulnerabilidade dos pequenos agricultores do semiárido do Nordeste do Brasil, em função da sensibilidade dos seus sistemas de produção ao clima e dos níveis globais de pobreza (falta de capacidade de enfrentamento), além das debilidades institucionais que conduzem a uma ausência de capacidade de adaptação global, conforme Simões, Kligerman e La Rovere (2010). No lado físico, os modelos climáticos mostram enorme potencial do impacto das mudanças climáticas futuras sobre a hidrologia da região semiárida do Brasil, afetando o fluxo do rio, do armazenamento de água e produção irrigada (KROL e BRONSTERT, 2007; SILVA et al., 2010).

Possas et al. (2012) afirmam que os elementos climáticos, principalmente a temperatura e a pluviosidade, podem restringir o plantio e o desenvolvimento das culturas em determinadas áreas, contexto no qual o zoneamento agroclimático apresenta-se como uma aliada ferramenta para escolha de áreas de cultivo.

Neste sentido, este trabalho objetivou zonear cultivos do feijão-caupi, da mandioca e do milho considerando três distintos cenários pluviométricos (seco, normal e chuvoso) para terras indígenas localizadas no semiárido pernambucano (comunidades indígenas da etnia Entre Serras de Pankararu) e semiárido baiano (comunidades indígenas Kiriri, Pankararé, Tumbalalá e Tuxá - Aldeia Mãe).

4 MATERIAL E MÉTODOS

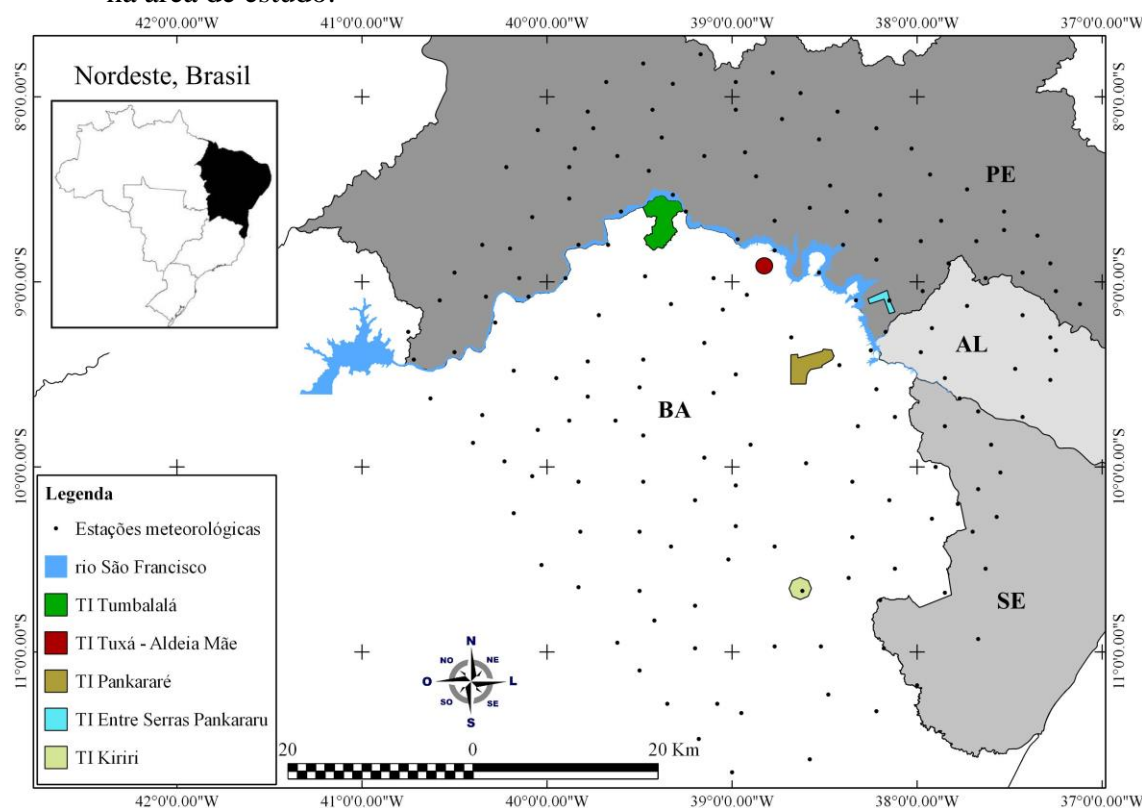
A pesquisa foi realizada considerando-se uma área do semiárido nordestino que abrange os estados de Pernambuco, nos municípios de Jatobá, Petrolândia e Tacaratu - terra indígena Entre Serras de Pankararu (09° 04' 36" de latitude sul, 38° 10' 24" de longitude oeste e 7.550 ha de área), e Bahia, nos municípios de Banzaê e Quijingue - terra indígena Kiriri (10° 38' 53" de latitude sul, 38° 37' 52" de longitude oeste e área de 12.300 ha), Glória - terra indígena Pankararé (09° 26' 06" de latitude sul, 38° 36' 07" de longitude oeste e 29.597 ha de área), Abaré e Curaçá - terra indígena Tumbalalá (08° 39' 25" de latitude sul, 39° 22' 12" de longitude oeste e 44.978 ha de área) e Rodelas - terra indígena Tuxá/Aldeia Mãe (08° 54' 14" de latitude sul, 38° 49' 48" de longitude oeste, área urbana de 30 ha e área rural reivindicada de 4.328 ha); sendo as coordenadas geográficas referentes ao ponto central de cada terra indígena. Vale ressaltar que a forma circular da terra indígena Tuxá/Aldeia Mãe não corresponde ao formato real, mas apenas uma representação georreferenciada cujo processo de regularização fundiária encontra-se em fase de encaminhamento com Reserva Indígena (RI), isto é, área que se encontra em procedimento administrativo visando sua aquisição (compra direta, desapropriação ou doação).

Utilizaram-se, para o zoneamento das culturas do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e do milho (*Zea mays* L.), os dados climáticos provenientes de 169 estações meteorológicas e postos pluviométricos. As informações climáticas utilizadas foram: a temperatura do ar média mensal e precipitação

pluvial mensal, para um período correspondente a 28 anos (1963 - 1990) de precipitação pluvial mensal, e 80 anos (1911 - 1990) de temperatura do ar média mensal, sendo 52 estações possuindo uma série histórica superior a 30 anos de observações e 117 com uma série histórica de dados observados inferior a 30 anos, no entanto, maior que 20 anos, e adquiridos da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG, 2014; SUDENE, 1990), estes dados correspondem à normal climatológica 1911-1990.

Utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre Quantum GIS (QGIS), na versão 2.0.1. (*Dufour*), foi possível observar a distribuição espacial destas estações meteorológicas, bem como a posição geográfica de cada terra indígena, Figura 1.

Figura 1. Mapa das terras indígenas nos estados de Pernambuco e Bahia, evidenciando a espacialização das estações meteorológicas e postos pluviométricos considerados na área de estudo.



Para estimar dados de temperatura média do ar para locais que dispunham apenas de registros de precipitação, foi utilizado o programa computacional *Estima_T* (versão 2.0), desenvolvido por Cavalcanti, Silva e Sousa (2006). Os zoneamentos de aptidão climática para culturas anuais de interesse para as comunidades indígenas estudadas foram realizados por meio da avaliação da ocorrência dos anos secos, normais (ou regulares) e chuvosos, utilizando a técnica dos *quantis*. O conjunto destes anos, em cada local, foi utilizado para obter as correspondentes médias anuais dos totais pluviométricos, necessárias para caracterizar os respectivos cenários, por oferecer uma melhor caracterização do campo pluviométrico do que o uso tradicional de isoietas médias, em correspondência às expectativas pluviométricas geradas pelos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil (VAREJÃO-SILVA; BARROS, 2002).

Após esta divisão, e de posse dos dados da temperatura média do ar de cada estação meteorológica e da precipitação média mensal conforme o cenário climatológico, seguindo metodologia de Varejão-Silva e Barros (2002), foram calculados os balanços hídricos climáticos em cada cenário e para cada estação meteorológica, pelo método proposto por Thornthwaite (1948), utilizando o programa de computador SEVAP (Sistema de Estimativa da Evapotranspiração), desenvolvido na UFCG (SILVA et al., 2005), considerando o valor da capacidade de água disponível no solo igual a 100 mm em todos os casos.

Para a cultura do feijão-caupi, utilizou-se as seguintes classes de aptidão, propostas por Varejão-Silva e Barros (2002), considerando a duração do ciclo fenológico igual a 90 dias:

- I. Inaptidão por excesso hídrico, quando o excedente hídrico acumulado nos três meses iniciais do ciclo ultrapassa 180 mm ($\Sigma EXC_j > 180$ mm) ou ocorrerem dois meses consecutivos com excedente superior a 70 mm em cada um deles;
- II. Aptidão restrita ou moderada devido ao excesso hídrico na época da colheita ($P_4/ETp_4 \geq 0,75$), sendo possível o cultivo para consumo como feijão-verde nas áreas com drenagem adequada;
- III. Aptidão plena sem limitações hídricas para o cultivo com excedente hídrico no mês de plantio nulo ou positivo ($EXC_1 \geq 0$), deficiência hídrica igual ou inferior a 5 mm nos demais meses do período vegetativo ($DEF_{2,3} \leq 5$ mm), seguindo-se um mês seco ($P_4/ETp_4 < 0,75$);
- IV. Aptidão moderada por pequena deficiência hídrica ($EXC_1 \geq 0$; $DEF_{2,3} < 25$ mm e $P_4/ETp_4 < 0,75$);
- V. Aptidão restrita por deficiência hídrica acentuada ($EXC_1 \geq 0$; $25 \leq DEF_{2,3} < 40$ mm e $P_4/ETp_4 < 0,75$); e
- VI. Inaptidão climática por carência hídrica acentuada ($DEF_1 > 0$ mm e/ou DEF_2 ou $3 \geq 40$ mm).

A mandioca é uma cultura de ciclo vegetativo relativamente longo, além de requerer temperaturas médias mensais iguais ou superiores a 20 °C. Para o zoneamento da mandioca foram utilizadas as faixas de aptidão também propostas por Varejão-Silva e Barros (2002), os quais utilizaram o índice hídrico anual (Im) como parâmetro para o zoneamento. Para o cálculo do índice hídrico anual (Im), ou índice efetivo de umidade, que depende dos índices de aridez (Ia) e de umidade (Iu), ambos expressos em percentagem, utilizou-se as equações 1, 2 e 3, conforme Ometto (1981):

$$Ia = 100 \times \frac{\Sigma DEF}{\Sigma ETp} (\%) \quad (1)$$

$$Iu = 100 \times \frac{\Sigma EXC}{\Sigma ETp} (\%) \quad (2)$$

$$Im = (Iu - 0,60 \times Ia) (\%) \quad (3)$$

Em que ΣDEF é a deficiência hídrica anual, ΣEXC é o excedente hídrico anual e ΣETp é a evapotranspiração potencial anual.

Foram utilizadas as seguintes faixas de aptidão para o cultivo da mandioca:

- I. Aptidão moderada ($Im \geq 50$) - há umidade excessiva ou o período chuvoso é muito longo;
- II. Aptidão plena ($-10 < Im < 50$) - normalmente não há limitações climáticas ao cultivo;
- III. Aptidão moderada ($-35 < Im \leq -10$) - ocorrência de pequena deficiência hídrica que afeta a produtividade;
- IV. Aptidão restrita ($-45 < Im \leq -35$) - ocorrência de deficiência hídrica severa; e
- V. Inaptidão climática ($Im \leq -45$) - disponibilidade hídrica geralmente insuficiente para atender aos requisitos mínimos da cultura.

Em relação ao zoneamento da cultura do milho, relacionados aos meses (1, 2, 3 e 4) do ciclo vegetativo (duração de 120 dias), correspondendo, na ordem, aos meses de março (plantio), abril, maio e junho, conforme Varejão-Silva e Barros (2002). Os seguintes índices foram usados: $j = 1, 2$ e 3 (cumulativo) para designar todos os três meses iniciais do ciclo; e $I = 1, 2$ ou 3 (não cumulativo) para indicar um dos três meses iniciais do ciclo; os outros dois meses foram representados por k (por exemplo, se $i = 3$, $k = 1$ e 2). O último mês (secagem e colheita, neste caso, correspondeu ao mês de junho) foi representado pelo índice 4.

As classes de aptidão climática utilizadas para o milho foram:

- I. Inaptidão por excesso hídrico, se a soma do excedente hídrico for igual ou superior a 400 mm ($\Sigma EXC_j \geq 400$ mm) ou alternativamente, se em qualquer mês for igual ou exceder a 200 mm ($EXC_i \geq 200$ mm) – haverá água em demasia para a cultura;
- II. Aptidão restrita ou moderada, devido ao período chuvoso ser muito longo, caracterizando demasiada umidade ($P_4/ETp_4 \geq 1$), prejudicando a secagem dos grãos e a colheita (4º mês após o plantio). Nessa faixa, entretanto, pode ser possível o cultivo para consumo como milho verde;
- III. Aptidão plena ($\Sigma EXC_j < 400$ mm; $EXC_i < 200$ mm; $DEF_i < 5$ mm; $DEF_k = 0$ e $P_4/ETp_4 < 1$) - sem limitações climáticas apreciáveis;
- IV. Aptidão moderada por pequena deficiência hídrica, quando num mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ($DEF_i < 5$ mm), nos demais inferior a 10 mm ($DEF_k < 10$ mm), tendo o quarto mês relativamente seco ($P_4/ETp_4 < 1$);
- V. Aptidão restrita por acentuada deficiência hídrica, quando num mês qualquer a deficiência for inferior a 5 mm ($DEF_i < 5$ mm), nos demais inferior a 20 mm ($DEF_k < 20$ mm), tendo o 4º mês relativamente seco ($P_4/ETp_4 < 1$); e
- VI. Inaptidão climática por insuficiência hídrica, quando a deficiência hídrica for igual ou superior a 20 mm em dois ou mais meses do ciclo ($DEF_i \geq 5$ mm e $DEF_k \geq 20$ mm).

A definição do ciclo fenológico de cada cultura estudada foi baseada na média de duração dos ciclos das respectivas variedades mais utilizadas na região em destaque. Levando em consideração as exigências das plantas separadamente em cada mês do seu ciclo vegetativo (culturas de ciclo curto), as quais foram expressas em termos de um ou mais dos parâmetros mensais, conforme Varejão-Silva e Barros (2002): P_m/ETp_m - relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial no mês m ; EXC_m - estimativa do excedente hídrico no mês m ; e DEF_m - estimativa da deficiência hídrica no mês m .

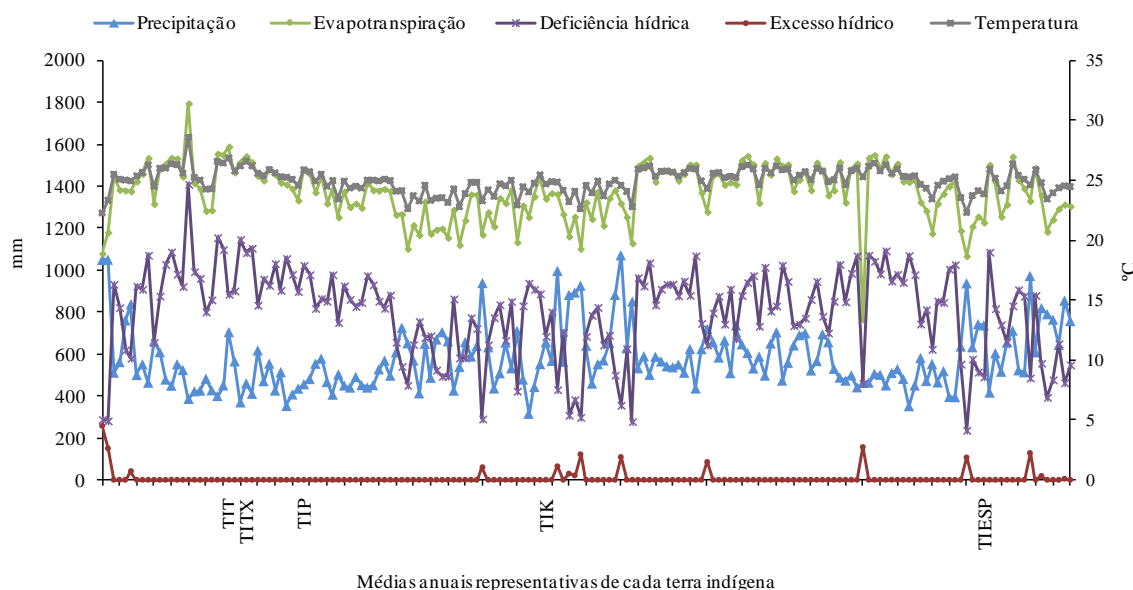
As superfícies entre as coordenadas geográficas da grande área previamente selecionada, na qual estão inseridas as terras indígenas estudadas, foram analisadas. As cartas de precipitação pluviométrica média anual, temperatura média anual, evapotranspiração potencial média anual e índice hídrico anual (Im) em cada cenário de precipitação (seco, normal e chuvoso), além do zoneamento agroclimático para as culturas agrícolas de importância para as comunidades indígenas do semiárido nordestino, com base nos dados dos municípios em estudo, foram elaboradas pelo método de interpolação por Krigagem. Este se trata de um método de interpolação não linear que consiste na aplicação da Krigagem ordinária sobre uma variável transformada, ou seja, a variável resultante da aplicação de uma função indicadora dicotômica, conforme Castro et al. (2010), e geradas no programa computacional Surfer versão 8.01 (Golden Software).

Para as culturas em questão, considerou-se que o plantio ocorreu no mês de março, independente da previsão meteorológica em relação ao regime de chuvas para determinado ano agrícola.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma apresentação gráfica das médias anuais de precipitação, evapotranspiração, deficiência hídrica, excesso hídrico e temperatura em cada região que compreende as terras indígenas estudadas foi elaborada (Figura 2).

Figura 2. Apresentação gráfica das médias anuais de precipitação, evapotranspiração, deficiência hídrica, excesso hídrico e temperatura em cada região que compreende as terras indígenas estudadas.



Notas: TIESP: Terra indígena Entre Serras Pankararu; TIK: Terra indígena Kiriri; TIP: Terra indígena Pankararé; TIT: Terra indígena Tumbalalá; TITX: Terra indígena Tuxá - Aldeia Mãe.

Verificou-se que as maiores temperaturas médias do ar ocorrem na região que compreende as terras indígenas Tumbalalá e Tuxá (Sertão do São Francisco) e as menores temperaturas médias ocorrem na região norte do estado da Bahia; a ocorrência das menores temperaturas nesta região é devido à presença de serras, planaltos e chapadas. Identificou-se que as terras indígenas Entre Serras Pankararu e Kiriri estão próximas a locais com elevada precipitação média anual, enquanto que as demais terras indígenas se localizam em áreas com baixa precipitação média anual, principalmente em locais que se aproximam do Sertão do São Francisco; as médias dos totais anuais de precipitação pluviométrica observadas nos cenários seco, normal e chuvoso foram 526; 737 e 971 mm, respectivamente.

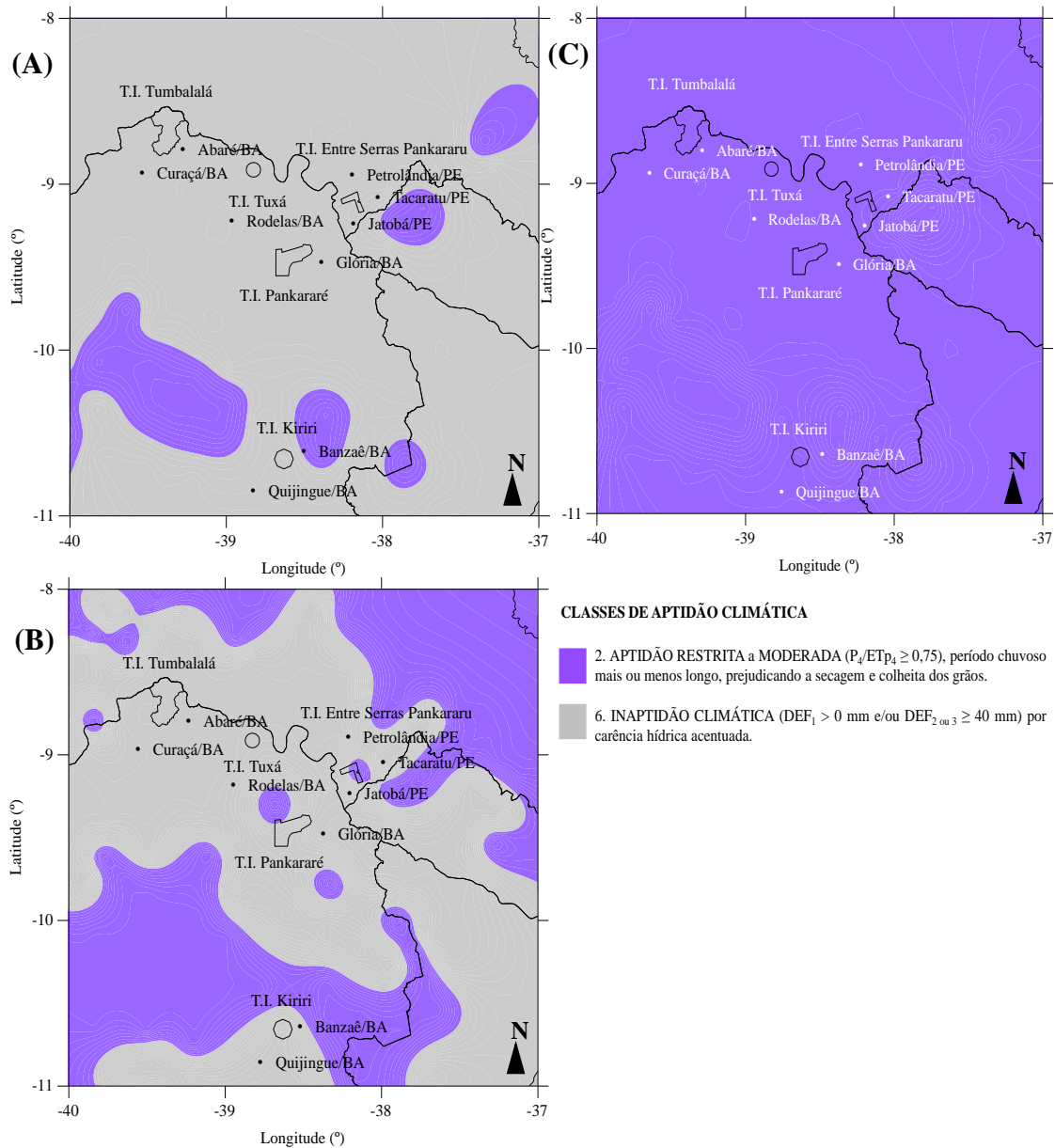
As maiores evapotranspirações ocorrem na região do Sertão do São Francisco, e as menores, em regiões de serra. Os maiores déficits hídricos ocorrem na região que compreende as terras indígenas Tumbalalá e Tuxá, localizadas no Sertão do São Francisco; as demais terras indígenas localizam-se em regiões com menores déficits hídricos em relação à região citada anteriormente. Quanto ao excesso hídrico, verificou-se uma extensa área com excedente hídrico nulo, abrangendo as terras indígenas Pankararé e Tuxá; para as demais terras indígenas o excesso é um pouco maior em relação à região anterior. Considerando o cenário seco, o Im apresentou uma variação de -30,4 a -42,4; para o cenário normal (regular), a variação do Im foi de -18,6 a -35,4; no caso do cenário chuvoso, o Im variou de -2,1 a -27,5.

De forma semelhante, Possas et al. (2012) mapearam áreas com aptidões agroclimáticas para o cultivo do pinhão-mansão no estado de Pernambuco, verificaram que as maiores faixas de temperatura média do ar e as menores observações de precipitação se situam ao redor da mesorregião do Sertão do São Francisco.

5.1 Cultura do feijão-caupi

Na Figura 3 estão apresentados os mapas do zoneamento de aptidão climática da cultura do feijão-caupi para os diferentes cenários na área, compreendida entre os estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe, na qual se localizam as terras indígenas Entre Serras de Pankararu, Kiriri, Pankararé, Tuxá e Tumbalalá.

Figura 3. Aptidão climática para a cultura do feijoeiro-caupi, levando em consideração o cenário seco (A), normal (B) e chuvoso (C).



No cenário seco, todas as áreas correspondentes a cada terra indígena apresentaram inaptidão climática por carência hídrica acentuada. Analisando este cenário, verificou-se que a área do Sertão do São Francisco foi classificada como inapta ao cultivo do feijão-caupi. No cenário normal, grande parte da terra indígena Entre Serras de Pankararu, e uma pequena parte ao norte da terra indígena Pankararé, apresentaram aptidão restrita ou moderada devido ao excesso hídrico na época da colheita, enquanto que as áreas que compreendem as demais terras indígenas apresentaram deficiência hídrica acentuada, corroborando as observações de Varejão-Silva e Barros (2002) para este cenário e o anterior. No cenário chuvoso, todas as áreas foram classificadas com aptidão restrita apresentando um excedente hídrico na época de colheita. Contrário aos autores, Varejão-Silva e Barros (2002), que observaram diversas classes de aptidão climática para o feijão-caupi no Sertão do São Francisco.

De acordo com as exigências hídricas da cultura do feijão-caupi, das 169 localidades analisadas na área de estudo, foram observadas 17 na classe de aptidão II e 152 na classe de aptidão VI para o cenário seco; 76 na classe de aptidão II e 93 na classe de aptidão VI, analisando o cenário normal; e todas as localidades na classe de aptidão II considerando o cenário chuvoso.

Analogamente, os resultados dos estudos de Silva et al. (2010) sugerem que o aquecimento global levará a uma redução na área agrícola plantada com feijão-caupi no Nordeste do Brasil, o que levaria à redução na produção de grãos, sendo recomendado o plantio de variedades de feijão-caupi mais adequadas às condições de alta temperatura.

Tal fato também é confirmado por Campos, Silva e Silva (2010), que, em estudo para identificar os riscos climáticos associados ao cultivo do feijão-caupi de sequeiro nas microrregiões do estado da Paraíba, de acordo com os cenários de aumento de temperatura do ar propostos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change, concluíram que o aumento da temperatura do ar de 3 e 6 °C reduzirá consideravelmente as áreas favoráveis ao cultivo do feijão-caupi no estado da Paraíba, nas próximas décadas.

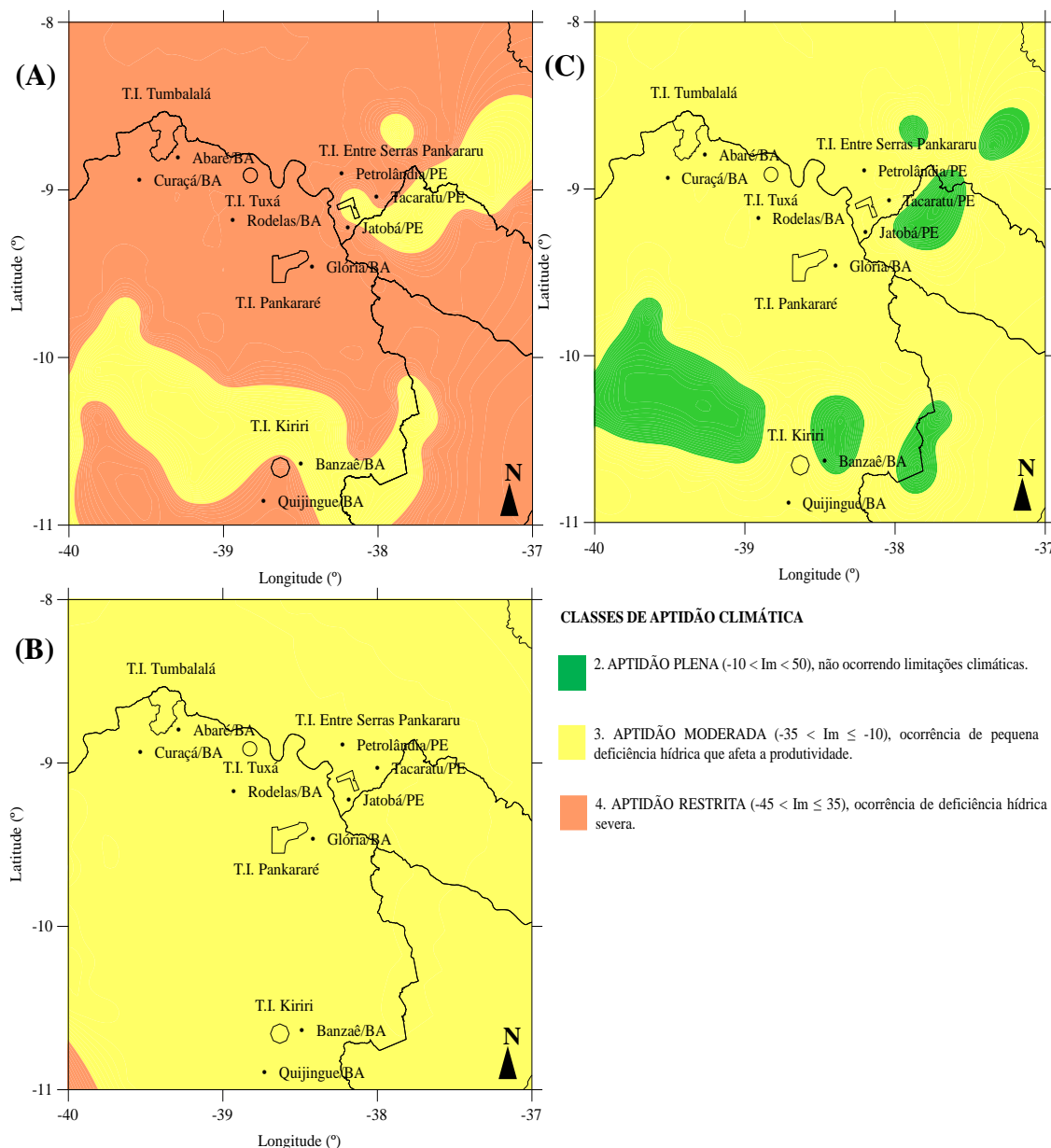
5.2 Cultura da mandioca

Na Figura 4 é possível observar a área do zoneamento de aptidão climática da cultura da mandioca (*M. esculenta* Crantz), sob diferentes cenários, na área onde localizam-se as terras indígenas Entre Serras de Pankararu, Kiriri, Pankararé, Tuxá e Tumbalalá.

Analisando o cenário seco, observou-se que, na sua totalidade, apenas a área correspondente a terra indígena Entre Serras de Pankararu apresentou aptidão moderada, ocorrendo pequena deficiência hídrica que certamente afeta a produtividade; as áreas correspondentes às demais terras indígenas apresentaram aptidão restrita, com grande deficiência hídrica. Em relação aos cenários normal e chuvoso, em ambos os casos, todas as áreas também foram classificadas com aptidão moderada.

Todavia, no cenário normal, verificou-se uma pequena mancha, fora das áreas de abrangência das terras indígenas, que apresentou grande deficiência hídrica, enquanto que, no cenário chuvoso, observou-se áreas, fora da abrangência das terras indígenas, sem limitações climáticas para a cultura, corroborando, neste caso, os resultados obtidos por Varejão-Silva e Barros (2002), que, ao elaborarem o zoneamento de aptidão climática para o estado de Pernambuco nos cenários seco, normal e chuvoso, também no Sertão do São Francisco apresentou-se quase inteiramente na faixa moderadamente apta por pequena deficiência hídrica.

Figura 4. Aptidão climática para a cultura da mandioca, levando em consideração o cenário seco (A), normal (B) e chuvoso (C).

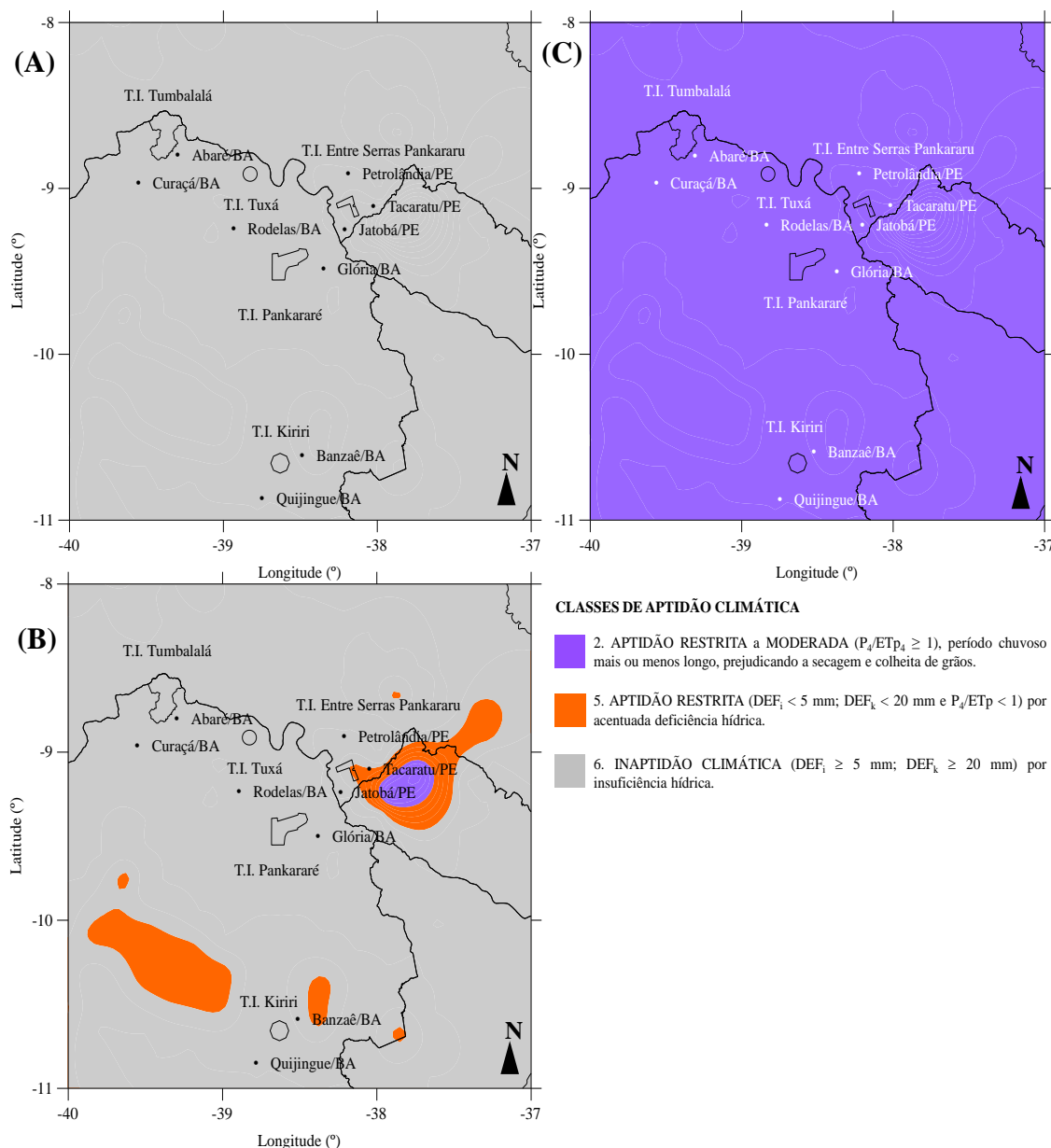


Já nos cenários seco e normal, Varejão-Silva e Barros (2002) encontraram extensas áreas na área correspondente ao Sertão do São Francisco, classificadas como inaptas climaticamente e com aptidão restrita (ocorrência de deficiência hídrica severa).

5.3 Cultura do milho

Na Figura 5 estão apresentados os mapas dos zoneamentos agroclimáticos para a cultura do milho, em diferentes cenários, construídos para abrangerem as áreas estudadas, que correspondem aos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe.

Figura 5. Aptidão climática para a cultura do milho, levando em consideração os cenários seco (A), normal (B) e chuvoso (C).



A análise das cartas revela que, no cenário seco, todas as áreas apresentaram inaptidão climática por insuficiência hídrica ($DEF_i \geq 5,0 \text{ mm}$ e $DEF_k \geq 20 \text{ mm}$). No cenário regular, uma parte da área da terra indígena Entre Serras de Pankararu, situada na porção sudeste daquela área, apresentou aptidão restrita por acentuada deficiência hídrica, quando o quarto mês foi relativamente seco ($P_4/ETp_4 < 1$). Por sua vez, analisando o cenário chuvoso, observou-se um período chuvoso longo, com demasiada umidade que prejudica a secagem dos grãos e consequentemente sua colheita, que ocorre no quarto mês após o plantio. Estas observações são semelhantes aos resultados de Varejão-Silva e Barros (2002) no tocante aos cenários seco e normal, com grandes áreas classificadas como inaptas climaticamente para o cultivo do milho, enquanto que, para o cenário chuvoso, diversas classes de aptidão climática na região que compreende o Sertão do São Francisco.

Varejão-Silva e Barros (2002) afirmam que, em parte das áreas com período chuvoso relativamente longo, o cultivo do milho seria possível se o plantio fosse realizado tardiamente, de modo que a maturação, a secagem e a subsequente colheita ocorressem em uma época bastante seca; notadamente, os agricultores continuam plantando no solo seco, de modo que a germinação ocorra logo após as primeiras chuvas.

Foi observado que todas as localidades apresentaram classe de aptidão VI no cenário seco; 3 localidades na classe de aptidão II, 20 na classe de aptidão V e 146 na classe de aptidão VI para o cenário normal; e todas as localidades na classe de aptidão 2 considerando o cenário chuvoso.

Kandari et al. (2013), analisaram as características biofísicas e aptidão das terras na Regência de Buton, Indonésia, para o cultivo de milho, e verificaram que a área de estudo possuía vários níveis de características, fisiografia e uso da terra, além de a precipitação anual ser geralmente baixa, clima classificado como seco (precipitação anual média menor que 2.000 mm), distribuída em três zonas agroclimatológicas. Observaram, ainda, que houve área limitada de potencial de sequeiro para cultivo e desenvolvimento do milho na Regência de Buton, cerca de 509,60 ha (ou 0,64%) de área marginal apta para o cultivo deste cereal.

Burney et al. (2014) sugerem que práticas de alimentação animal equilibrada e utilização de sistemas de irrigação eficientes possam mudar o cenário de baixa produtividade agrícola e degradação ambiental no semiárido nordestino brasileiro; estudos daqueles autores se mostraram promissores, porém, tais práticas são fundamentalmente limitadas pela disponibilidade de água (capacidade total armazenada para irrigação e produção de forragem para o gado).

6 CONCLUSÕES

O mapeamento dos déficits e excessos hídricos climatológicos, e do índice hídrico anual, permite delimitar as zonas com diferentes aptidões agroclimáticas para o cultivo do feijão-caupi, do milho e da mandioca, respectivamente, em regiões do semiárido nordestino brasileiro.

No cenário seco, todas as áreas das reservas indígenas apresentaram inaptidão climática por carência hídrica acentuada para a cultura do feijão; para a cultura da mandioca, as terras indígenas apresentaram aptidão restrita, com grande deficiência hídrica (exceto a terra indígena Entre Serras Pankararu); em relação ao milho, todas as áreas apresentaram inaptidão climática por insuficiência hídrica.

No cenário normal, grande parte da terra indígena Entre Serras de Pankararu e uma pequena parte da terra indígena Pankararé apresentaram aptidão restrita ou moderada para o feijão-caupi; para a cultura da mandioca, todas as áreas também foram classificadas com aptidão moderada; na cultura do milho, uma parte da área da terra indígena Entre Serras de Pankararu apresentou aptidão restrita por acentuada deficiência hídrica.

No cenário chuvoso, todas as áreas foram classificadas também com aptidão restrita apresentando um excedente hídrico na época de colheita do feijão-caupi; em relação à cultura da mandioca, todas as áreas também foram classificadas com aptidão moderada; por sua vez, para o milho, e em todas as áreas, foi observado um período chuvoso muito longo.

Em situações de impossibilidade do cultivo daquelas culturas estudadas, no regime de sequeiro, nas regiões do semiárido baiano e pernambucano estudadas, podem ser cultivadas, como alternativa, variedades de ciclo curto daquelas espécies consideradas, bem como

espécies tolerantes à seca, tais como o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), ambos usados na alimentação humana e animal.

7 REFERÊNCIAS

- BURNEY, J.; CESANO, D.; RUSSELL, J.; La ROVERE, E. L.; CORRAL, T.; COELHO, N. S.; SANTOS, L. Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. **Climatic Change**, Princeton, v. 126, p. 45-59, 2014.
- CAMPOS, J. H. B. da C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. de P. R. da. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396-404, 2010.
- CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação de desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 871-880, 2010.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R. da; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.
- KANDARI, A. M.; BAJA, S.; ALA, A.; KAIMUDDIN. Agroecological zoning and land suitability assessment for maize (*Zea mays* L.) development in Buton regency, Indonesia. **Agriculture, Forestry and Fisheries**, Pretória, v. 2, n. 6, p. 202-211, 2013.
- KROL, M. S.; BRONSTERT, A. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. **Environmental Modelling & Software**, Canberra, v. 22, n. 2, p. 256-268, 2007.
- NUNES, E. L.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a Bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 297-302, 2007.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.
- POSSAS, J. M. C.; CORREA, M. M.; MOURA, G. B. de A.; LOPES, P. M. O.; CALDAS, A. M.; FONTES JÚNIOR, R. V. de P. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-mansão no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 993-998, 2012.
- SILVA, V. de P. R. da; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B. da; CAMPOS, J. H. B. da C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 547-553, 2005.

SILVA, V. de P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M.T.; AZEVEDO, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 11, p. 1760-1768, 2010.

SILVA, A. O. da; SILVA, A. P. N. da; MOURA, G. B. de A.; LOPES, P. M. O.; MEDEIROS, S. R. R. de. Zoneamento agroclimático da pitangueira para três cenários distintos de precipitação pluvial em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 104-115, 2011.

SILVA, K. R. da; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. de O. Zoneamento edafoclimático para a cultura da seringueira no Espírito Santo. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2013.

SIMÕES, A. F.; KLIGERMAN, D. C.; LA ROVERE, E. L. Enhancing adaptive capacity to climate change: the case of smallholder farmers in the Brazilian semi-arid region. **Environmental Science & Policy**, Carouge, v. 13, n. 8, p. 801-808, 2010.

SUDENE, (Org.) Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**. Recife: SUDENE, 1990.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Malden, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

UFCG. Universidade Federal de Campina Grande. **Normais Climatológicas da Área da SUDENE. Clima**. Campina Grande: UFCG/DCA, 1999. Disponível em: <<http://www.dca.ufcg.edu.br/tsm.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2014.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. **Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária do Estado de Pernambuco**. Recife, 51p., 2002.